

Construir un modelo financiero para calcular el VaR para Fondo de Inversión Colectiva con pacto de permanencia Avanzar 180 días

Andrés Rodrigo Moreno Muñoz
amoren35@eafit.edu.co

Madeleyne Cardona Cardona
mcardo57@eafit.edu.co

Resumen

Dentro de la estrategia del Grupo Coomeva se constituyó, recientemente, la Fiduciaria Coomeva, con la cual se pretende ampliar el portafolio de servicios a sus asociados. En este proceso se gestionó el registro y aprobación del “Fondo de inversión colectiva con pacto de permanencia AVANZAR 180 días” para brindar opciones de inversión a clientes asociados y no asociados. Entre las condiciones óptimas de operación del fondo se requiere construir un modelo financiero que apoye el monitoreo y control oportuno de los títulos que lo conforman, a fin de mantenerlo libre de activos tóxicos que puedan poner en riesgo su rentabilidad y liquidez. Por lo anterior, en el presente trabajo se realizó la modelación y análisis de datos de diferentes activos financieros y, de acuerdo con esto, se estableció el modelo más adecuado que permita calcular el VaR del portafolio; para ello se utilizaron métodos de amplio reconocimiento en esta materia.

Palabras clave

Fondos de Inversión Colectiva, riesgo, Valor en Riesgo (VaR), modelos GARCH, modelos ARMA, modelo EWMA.

Abstract

Within the strategy of the Coomeva Group, Coomeva Fiduciary was set up with the aim of expanding the portfolio of services to its members. In this process, the registration and approval of the Collective Investment Fund with a permanence pact ADVANCED 180 days was managed to provide investment options to associated and non-associated clients. In the optimal operating conditions of the Fund, its necessary to build a Financial Model that supports the timely monitoring and control of the assets that comprise it, for to keep it free of toxic assets that could put its profitability and liquidity at risk. Therefore, in the present work, the modeling and analysis of data of different financial assets was carried out and, in accordance with this, the most appropriate model was established to calculate the VaR of the portfolio, through methods of wide recognition in this matter.

Key words

Collective investment Fund, Risk, value at risk, GARCH Models, ARMA Models, EWMA Models. {

1. Introducción

Aunque en el mercado financiero existen infinitas posibilidades de inversión, en diferentes activos, muchos inversionistas no tienen alcance a gran parte de estas (“Fondos Carteras Colectivas”, 2008), bien sea porque no cuentan con los recursos suficientes o porque no tienen el conocimiento en este tipo de inversiones.

A través de los años se han desarrollado mecanismos de inversión tales como los Fondos de Inversión Colectiva (antes conocidos como Carteras Colectivas); estos ofrecen la posibilidad a inversionistas pequeños de acceder a una amplia canasta de instrumentos y activos financieros con diferentes niveles de volatilidad, de acuerdo con el perfil de riesgo de cada inversionista (Bodie, Kane & Marcus, 2014). La asociación de fiduciarias de Colombia define que un Fondo de Inversión Colectiva “es un mecanismo de ahorro e inversión administrado por sociedades fiduciarias, a través del cual se invierten recursos de varias personas en un portafolio de activos” (“Fondos de Inversión Colectiva”, 2017). Los Fondos de Inversión Colectiva son administrados por entidades, con un grupo de profesionales en el tema, que trabajan para obtener los mejores resultados. En la actualidad, estos pueden ser administrados por comisionistas de bolsa, sociedades fiduciarias o sociedades administradoras de inversión.

La Fiduciaria Coomeva, recientemente formada y que hace parte del Grupo Coomeva, constituyó un Fondo de Inversión Colectiva de riesgo moderado con pacto de permanencia a 180 días, sobre el cual se definió y aprobó el reglamento del fondo (por parte de los estatutos internos del Grupo, como también por la Superfinanciera de Colombia, entidad que vigila la Fiduciaria) (“Reglamento del Fondo de Inversión Colectiva abierto Avanzar Vista”, 2017).

Seguidamente, se definieron los títulos en los cuales se podrían invertir los recursos del fondo, y para ello fue necesario, en primera medida, revisar las políticas de inversión aprobadas, a fin de conocer todo sobre las restricciones a tener en cuenta para seleccionar los títulos que podrían ser parte del portafolio de inversión, así como también se revisó la normatividad en materia de Riesgo Operativo SARO, Riesgo de Mercado SARM y Riesgo de Liquidez SARL (Superintendencia Financiera de Colombia, 2018).

De igual forma, se estudió la información de diferentes fuentes respecto a las metodologías existentes para el cálculo de valor en riesgo VaR, las cuales se encuentran avaladas por los entes de control, como se describe y se explica en la publicación del Banco de la República (Granados y Melo, 2011).

Si bien en las políticas del fondo se permite tener activos de fuente nacional e internacional, así como también en diferentes monedas, se definió iniciar un portafolio con activos nacionales y en moneda local; teniendo en cuenta que la economía del país atraviesa por un buen momento y Colombia representa un gran potencial para inversionistas extranjeros que

buscan mercados objetivos para sus capitales, a fin de generar rentabilidad a riesgos aceptables; no obstante, para mantener un bajo riesgo de pérdida en el portafolio del fondo se deben cumplir las políticas de calificación de las empresas emisoras de los activos, así como las de diversificación definidas en el reglamento: la concentración en sector, tipo de activo renta fija o variable, emisor, etc.

Conforme a esto, se realizó un análisis del mercado nacional a fin de determinar cuáles podrían ser los activos a preseleccionar, teniendo en cuenta que cumplan, inicialmente, con la calificación definida en el reglamento.

Finalmente, mediante el análisis de los datos de los retornos de los títulos de renta fija (“Renta fija”, s. f.), y renta variable (“Mercado de Renta Variable”, s. f.), que cumplen con los parámetros definidos, se construyó un modelo financiero que permite calcular el VaR (Hull, 2012) tanto del portafolio de inversión como también de cada uno de los títulos que hacen parte, o podrían hacer parte, del portafolio como herramienta de control y monitoreo permanente que permita reaccionar de forma oportuna para tomar la decisión de mantener, comprar o vender títulos del portafolio (Koller, Godhart & Wessels, 2014) tomando como criterio el comportamiento del riesgo (Bodie, Kane & Marcus, 2014)

2. Marco teórico

La economía colombiana ha sufrido diferentes choques en los últimos años, como la caída en el precio del petróleo y el fenómeno del niño; sin embargo, de acuerdo con el informe del Banco de la República (2018), a comienzos del año la economía estaba culminando el proceso de ajuste, el cual se reflejó en la tasa de variación de la inflación anual de febrero (3,37 %) que estuvo cerca a la meta del 3 %.

Por otra parte, en el mismo informe explica que la entrada de extranjeros a los mercados colombianos ha generado beneficios en el mercado de capitales, mayor liquidez y ampliación de la base de inversionistas, lo cual exige al mercado ofrecer mayores opciones de inversión o portafolios.

Para desarrollar un portafolio óptimo se requiere tener en cuenta dos variables importantes: riesgo (volatilidad) y rentabilidad (beneficio esperado); donde el beneficio esperado se representa como la media de la tasa de los rendimientos, y la volatilidad como la variación o distancia que se da entre los rendimientos y la media de cada activo.

El portafolio óptimo será aquel que maximiza la rentabilidad esperada con la menor volatilidad posible (o riesgo específico que el inversionista está dispuesto a asumir); en este sentido, al fijar un portafolio de máxima rentabilidad y otro de mínima volatilidad es posible

extrapolar entre ellos unos portafolios intermedios que conformaran la frontera eficiente donde finalmente se ubicará el portafolio definido.

En materia de riesgo, este se encuentra compuesto por dos tipos: uno de ellos se conoce como riesgo no sistemático, el cual se atribuye a factores internos o propios de una empresa o sector, y que en materia de portafolios de inversión es posible mitigar mediante diversificación, sobre este el mercado no genera remuneración; el segundo, conocido como riesgo sistemático (también llamado riesgo de mercado), se atribuye a factores económicos, políticos y sociales de margen global y afecta a todos los activos del mercado en mayor o menor medida, por ende no puede ser mitigado mediante diversificación.

Una de las medidas más utilizadas para cuantificar y medir el riesgo en el medio financiero es el VaR, el cual se define como la máxima pérdida esperada que se puede tener en un activo financiero o portafolio para el día $T+1$; y para el cálculo y estructuración se utilizan técnicas estadísticas tradicionales.

2.1 Frontera eficiente

La frontera eficiente se conoce como el conjunto de portafolios que ofrecen el retorno esperado más elevado para un determinado nivel de riesgo; para esto se requiere realizar el pronóstico de los retornos esperados, riesgo y correlaciones con el fin de maximizar el retorno dado un nivel de riesgo y minimizar el riesgo dadas unas restricciones. En este orden de ideas se argumenta que el portafolio óptimo de mercado es aquel que maximiza la razón de Sharpe

$\left(\frac{R_p - R_f}{\text{Desviación}}\right)$, dadas unas restricciones, donde R_p es la rentabilidad del portafolio, R_f corresponde a la tasa libre de riesgo y la desviación corresponde a la del portafolio.

2.2 Valor en Riesgo

En la actualidad, la medición, control y monitoreo del riesgo es un factor relevante para tomar decisiones en diferentes campos y áreas de aplicabilidad, de allí que en los últimos años se desarrollaran estudios y metodologías que pretenden simular, modelar y pronosticar el comportamiento de un sinnúmero de variables con el fin de disminuir los potenciales impactos negativos.

El riesgo, como tema inicial del alcance y desarrollo del presente trabajo, en su concepto más simple, se define como la probabilidad de ocurrencia de un evento y sus impactos o consecuencias derivadas.

Si bien, comúnmente el término de riesgo se asocia a consecuencias negativas, algunos textos y autores citan que el impacto derivado de la ocurrencia de un evento puede ser tanto positivo como negativo; por ejemplo, la metodología del Project Management Institute (PMI) (2013) para la administración de proyectos lo define en el capítulo de la gestión de riesgos de la siguiente forma:

El riesgo de un proyecto es un evento o condición incierta que, de producirse, tiene un efecto positivo o negativo en uno o más de los objetivos del proyecto, tales como el alcance, el cronograma, el costo y la calidad.

Un riesgo puede tener una o más causas y, de materializarse, uno o más impactos. Una causa puede ser un requisito especificado o potencial, un supuesto, una restricción o una condición que crea la posibilidad de consecuencias tanto negativas como positivas (p. 310).

Dado que el marco de aplicación de este trabajo se centra en el ámbito financiero, iniciaremos tomando como fuente principal de referencias a la Superintendencia Financiera de Colombia, que es el ente encargado de regular y vigilar a gran parte de las entidades financieras en Colombia (incluyendo a la Fiduciaria Coomeva) para definir los principales tipos de riesgo que se deben tener en cuenta en este ambiente, y que son:

- **Riesgo de crédito:** hace referencia al riesgo de contraparte o probabilidad de incumplimiento de pago del deudor. La Superintendencia Financiera de Colombia (en adelante SFC) en la Circular Externa 025 (2016), capítulo II, punto 1, lo define como “la posibilidad de que una entidad incurra en pérdidas y se disminuya el valor de sus activos, como consecuencia de que un deudor o contraparte incumpla sus obligaciones” (p. 2).

- **Riesgo de mercado:** hace referencia a la probabilidad de incurrir en pérdidas por la variación del precio de un activo financiero. La SFC, en la Circular Externa 042 de 2010 (2010), capítulo XXI, lo define como:

La posibilidad de que las entidades incurran en pérdidas asociadas a la disminución del valor de sus portafolios, las caídas del valor de las carteras colectivas o fondos que administran, por efecto de cambios en el precio de los instrumentos financieros en los cuales se mantienen posiciones dentro o fuera del balance (p. 2).

- **Riesgo operativo:** de acuerdo con la Circular Básica Contable y Financiera (Circular Externa 100 de 1995, 2007), capítulo XXIII, de la SFC:

Se entiende por Riesgo Operativo la posibilidad de incurrir en pérdidas por deficiencias, fallas o inadecuaciones, en el recurso humano, los procesos, la tecnología, la infraestructura o por la ocurrencia de acontecimientos externos. Esta definición incluye el riesgo legal y reputacional, asociados a tales factores (p. 1).

- Riesgo de liquidez: la Circular Básica Contable y Financiera (Circular Externa 100 de 1995, 2007), capítulo VI, define el riesgo de liquidez como “la contingencia de no poder cumplir plenamente, de manera oportuna y eficiente, los flujos de caja esperados e inesperados, vigentes y futuros, sin afectar el curso de las operaciones diarias o la condición financiera de la entidad” (p. 2).

Haciendo énfasis en la medición de los riesgos, la SFC en la Circular Básica Jurídica (C. E. 029/14, 2014), parte I, título I, capítulo IV, punto 4.2.3, especifica que las entidades financieras deben:

Medir la probabilidad de ocurrencia de los riesgos y su impacto sobre los recursos de la entidad (económicos, humanos, entre otros), así como sobre su credibilidad y buen nombre, en caso de materializarse. Esta medición puede ser cualitativa y, cuando se cuente con datos históricos, cuantitativa (p. 3).

Ahora bien, teniendo en cuenta que el tema principal del presente trabajo gira en torno a la medida de riesgo VaR, la cual tiene aplicabilidad para las inversiones que se realizan en un portafolio; esta técnica de medición del riesgo se define como la máxima pérdida esperada para un activo o una cartera de activos, a un nivel de confianza y un horizonte de tiempo (Vilariño, Pérez y García, 2008, p. 130).

De igual manera, en publicación del Banco de la República, de mayo de 2005, se expresa de la siguiente forma: “el VaR_α corresponde al α – ésimo cuantil de la distribución de pérdidas

y ganancias de un activo. Es decir, representa la máxima pérdida en que incurre un activo en el $\alpha * 100$ % mejor de los casos” (Melo y Becerra, 2005, p. 3), en la misma publicación se argumenta que el VaR está directamente relacionado con la solvencia de las entidades, por lo cual cuando se tiene un VaR alto esto representa una baja solvencia, y en este caso se tendría que realizar una nueva asignación de los activos o realizar aportes adicionales de capital.

El valor en riesgo se puede representar, en términos probabilísticos, como un cuantil de la distribución de pérdidas (Guerrero, 2008):

$$VaR_{\alpha} = \inf \{l \in \mathbb{R} : P(L > l) \leq 1 - \alpha\} = \inf \{l \in \mathbb{R} : F_L(l) \geq \alpha\} \quad (1)$$

Existen diferentes metodologías para el cálculo del VaR, con sus propios supuestos; la mayoría de dichos modelos dependen de dos parámetros que son la varianza y la media. A continuación, se mencionan algunas de estas metodologías:

Simulación histórica

Esta metodología supone que la distribución no cambia en el tiempo, que la varianza del activo es constante, lo que representa un inconveniente por cuanto en la mayoría de series financieras la varianza no es constante; además de su sensibilidad al tamaño de la muestra, o inclusión de nuevos datos para corregir esto, una forma de estimar la varianza es a través de ventanas móviles, lo que a su vez deja ver un inconveniente respecto a cómo definir el valor óptimo que debe tomar la ventana móvil, un valor alto de ventana móvil hace más

leve el movimiento de la varianza, pero es posible que la misma no recoja el comportamiento reciente de la serie (Granados y Melo, 2010).

Suavizamiento exponencial

Es un promedio ponderado de las volatilidades pasadas, asumiendo que la volatilidad no es constante, en donde la ecuación de la volatilidad se determina por la volatilidad y el retorno del periodo anterior (Melo y Becerra, 2005).

Modelos ARH y GARCH

En estos métodos el VaR está asociado al pronóstico de una posible pérdida de un portafolio en un horizonte de tiempo, por tanto, usa la distribución de pronósticos de los retornos, donde el pronóstico de VaR depende del método que se seleccione para estimar la dinámica de los retornos.

El modelo ARCH (Autoregressive Conditional Heteroscedasticity Models) propuesto por Engle en 1982, es más general, supone que la varianza no condicional es constante en el tiempo y asume que la condicional es variable. Este modelo pretende replicar algunas regularidades de activos financieros, como los conglomerados de volatilidad y las colas pesadas de la distribución (Granados y Melo, 2010).

Simulación Bootstrap

Este método también permite encontrar características de la distribución del estimador VaR, tales como la varianza y los intervalos de confianza, sin tener que hacer supuestos sobre la distribución de los retornos.

Se estima mediante la construcción de submuestras con muestreo aleatorio, a las cuales se les calcula el VaR mediante simulación histórica; finalmente, el VaR definitivo se calcula mediante el promedio de los VaR de las submuestras.

Este método presenta un inconveniente, ya que asume que los retornos provienen de una distribución independiente e idénticamente distribuida, y esto no se puede tomar como una generalidad en los retornos de activos financieros (Melo y Becerra, 2005).

Método de Simulación Montecarlo

Asume una distribución sobre los retornos. El método es similar al Bootstrap, pero en vez de aplicar simulaciones históricas el VaR es estimado para cada submuestra de acuerdo con la distribución asumida. Este método permite estimar intervalos de confianza del VaR (Melo y Becerra, 2005), “sin embargo, su desventaja principal radica en el uso intensivo de los recursos de cómputo para realizarla” (Ramírez y Ramírez, s. f., p. 182).

VaR y Horizonte Temporal

En términos de regulación, el Comité de Basilea recomienda que el VaR se calcule con un nivel de confianza del 99 %, información histórica de un año (250 días hábiles), y periodo de tenencia de 10 días, mientras que en Colombia se exige información histórica

de al menos cuatro años, nivel de confianza mayor o igual al 98 % y periodo de tenencia de 10 días (Melo y Becerra, 2005).

Método para estimar Intervalo de confianza VaR- Normalidad asintótica

Considera el caso simple que el VaR se calcula bajo el supuesto de normalidad, y aunque la aproximación es muy sencilla no tiene en cuenta los hechos estilizados de las series financieras (Gamba, Jaulín, Melo y Quicazán, 2015).

2.3 Prueba Backtesting

Sirven para analizar si el cálculo del VaR es la mejor aproximación posible, dado que existe la posibilidad de sobreestimar el riesgo, incurrir en una mayor cobertura que no es deseada, o la posibilidad de subestimar el riesgo en la cual no se contaría con recursos suficientes para cubrir las pérdidas.

2.3.1 Prueba de Kupiec

Para comprobar la bondad del modelo se requiere validar la proporción de excepciones dentro de este, es decir, que supere al VaR; por tanto, se requiere evaluar la hipótesis nula donde la probabilidad de excepciones o fallas sea igual a $1-\alpha$.

Esta hipótesis nula es contrastada a través de una prueba de razón de verosimilitud de la forma:

$$LR_{POF} = -2\ln\left(\frac{p^x(1-p)^{n-x}}{\hat{p}^x(1-\hat{p})^{n-x}}\right) \quad (2)$$

Donde x es el número de excepciones o fallas, n el número de observaciones incluidas en el Backtesting y $\hat{p} = \frac{x}{n}$.

El numerador de la ecuación (2) corresponde al valor de la función de verosimilitud bajo la hipótesis nula, y el denominador corresponde a la función de verosimilitud evaluada en el estimador ML no restringido de p , \hat{p} (Melo y Becerra, 2005, p. 45).

3. Metodología

Para construir el modelo financiero más adecuado, para calcular el VaR del portafolio del fondo, se realizó un proceso con las siguientes actividades.

3.1 Selección del portafolio a evaluar

- a) Revisión de políticas de inversión definidas en el Reglamento del Fondo. Con el fin de seleccionar los títulos que podrían conformar el portafolio, se revisó el reglamento definido por la Junta Directiva de la Fiduciaria en donde se registran las condiciones en referencia a las calificaciones, sectores y tipos de títulos en los cuales se podría realizar la inversión autorizada (“Reglamento del Fondo de Inversión Colectiva abierto Avanzar Vista”, 2017).
- b) Preselección de activos que cumplan con los criterios iniciales. Seguidamente, se procedió a validar en el mercado de renta variable y renta fija los títulos que cumplieran con las

condiciones de calificación, tiempo de maduración y volumen de transacción. Producto de esta revisión se seleccionaron 31 activos financieros (véase Anexo 1).

c) Extracción de información de los títulos seleccionados (activos estandarizados). Se realizó la extracción de información histórica de precios de los títulos seleccionados entre el 1 de julio de 2016 y el 19 de enero de 2018, de la siguiente forma:

- Acciones de renta variable: información histórica de precios tomando como fuente la Bolsa de Valores.
- Bonos: información histórica de precios de activos con ISIN definido, tomando como fuente Infovalmer.

d) Extracción de información de activos de renta fija (no estandarizados). Teniendo en cuenta que dentro de las políticas del fondo se encuentra definido que el portafolio debe contener al menos un 30 % en CDT, y este tipo de activo no es estandarizado, se extrajo información de Infovalmer para activos cuyos emisores cumplieran con la calificación (339 títulos de diferentes emisores, plazos, fecha de constitución y vencimiento, tasa y frecuencia de pago de cupón), y luego se realizó la regularización de todos los datos de tal forma que quedaran con la misma cantidad de registros correspondientes a las mismas fechas (378 datos desde julio 1 de 2016 a 19 de enero de 2018, en días bursátiles), y se seleccionaron 13 con mejor TIR de diferentes emisores (véase Anexo 2).

- e) Cálculos iniciales: rentabilidad promedio y volatilidad. A partir de los precios se definieron los retornos logarítmicos y, posteriormente, se calculó la rentabilidad promedio y la volatilidad para cada uno de los títulos.
- f) Selección de activos para el portafolio. Posteriormente, se seleccionan los títulos de mayor rentabilidad promedio buscando tomar títulos de diferentes emisores, sector y tipo de título (13 títulos estandarizados y 6 títulos no estandarizados detallados en el Anexo 3).

Para la selección de los títulos no estandarizados, teniendo en cuenta que el ISIN es el mismo, fue necesario construir una llave entre el ISIN y otros datos (fecha inicial, fecha final, tasa pactada y periodicidad de pago) a fin de que permitiera volver único el criterio de búsqueda y poder extraer los valores de precios de forma independiente para cada llave. Finalmente, se calculó la rentabilidad promedio y volatilidad para cada serie o llave determinada.

- g) Cálculo de rentabilidad y volatilidad para los títulos seleccionados. Con los títulos seleccionados se propone construir el portafolio del fondo, por tanto, como actividad siguiente se calculó la rentabilidad y volatilidad del portafolio.

Para determinar la volatilidad se calculó la matriz de covarianza para los 19 títulos seleccionados.

Inicialmente, para construir los cálculos se ponderan pesos iguales para todos los títulos y, en una posterior etapa, se recalculan los pesos que maximicen la rentabilidad.

h) Construcción de Frontera Eficiente. Luego se establecen las ponderaciones que maximizan la rentabilidad, así como también las que minimizan la volatilidad incluyendo todos los títulos seleccionados, así como también las políticas del reglamento del fondo dependiendo del emisor, el sector, el tipo de activo y la calificación, teniendo en cuenta el plazo.

Posteriormente, se establecen seis portafolios intermedios entre el portafolio de máxima rentabilidad y el de mínima volatilidad, a fin de crear una frontera eficiente.

Por último, se calcula el Índice de Sharpe para cada uno de los portafolios (conforme con las ponderaciones calculadas) y se selecciona el menor (véase Anexo 4).

i) Calcular retornos del portafolio. Se calculan con los pesos ponderados del mejor portafolio encontrado en la frontera eficiente.

2.2 Cálculo del valor en riesgo

a) Calcular VaR

Una vez se tienen los retornos del portafolio se procede a calcular el valor en riesgo para el siguiente día VaR, utilizando la metodología EWMA y ARCH, de la siguiente forma:

- Modelo EWMA

Se estima asumiendo distribución normal, distribución t-Student y distribución histórica filtrada (véase Anexo 5).

- **Modelo ARCH**

Para hacer la estimación por esta metodología se construyeron modelos AR, MA y ARMA. Se seleccionó el mejor de estos (AR-1) como insumo de entrada al modelo ARCH y se estimó el VaR asumiendo distribución normal, t-Student y GED, siendo la distribución t-Student la que mejor se ajusta a los datos (véase anexos 6 y 7).

b) **Pruebas Backtesting**

Para validar el resultado de VaR del mejor modelo se calculó el VaR real para un periodo de un año atrás, y se validó que el número de excepciones sean consistentes conforme el nivel de confianza (95 %) con el cual se construyó el modelo.

Las pruebas se realizan asumiendo que los datos siguen una distribución normal, t-Student y simulación histórica filtrada (tanto para EWMA como ARCH).

4. Resultados

De acuerdo con las pruebas Backtesting empleadas en este ejercicio se descarta la distribución por simulación histórica filtrada tanto en el modelo EWMA como GARCH, ya que el modelo no ofrece la cobertura deseada, como se puede validar en el Anexo 8.

Finalmente, se selecciona como mejor modelo el de distribución t-Student bajo el método de GARCH.

Tabla 1.

Resultados pruebas Backtesting modelo inicial

Pruebas Backtesting - Distribución t-Student					
Confianza	95 %				$H_0: \rho = \alpha$
Excepciones esperadas	19				$H_a: \rho \neq \alpha$
	Método	No Excepciones	Valor P	Suma Ct	Conclusión Test Kupiec
Modelo	VaR - EWMA	13	0.90939	13.00003	No rechaza la H_0
	VaR - GARCH	10	0.40226	10.00002	No rechaza la H_0

Fuente: elaboración propia.

Como valor agregado al presente trabajo, y a la Fiduciaria Coomeva, posterior a determinar el mejor modelo para estimación de VaR, se seleccionaron dos títulos, los de mayor ponderación del portafolio, acción de Ecopetrol y CDT de Colpatria; con estos se realizó un ejercicio para validar el efecto causado, en la volatilidad y estimación del VaR del portafolio, si uno de estos activos sufre un incremento o baja en un 10 % su precio respecto al día inmediatamente anterior.

Conforme a esto se repitió el proceso para cada uno de los supuestos descritos en la metodología (incremento y disminución del 10 % en el precio de la acción de Ecopetrol e incremento y disminución del 10 % en el precio del CDT de Colpatria), y en todos los casos se tuvo el mismo resultado donde el mejor modelo, conforme a los datos, es bajo el método de GARCH asumiendo una distribución t-Student.

Tabla 2.

Resultados pruebas Backtesting variaciones de precio

Pruebas Backtesting - Distribución t-Student					
Confianza	95%		Ho: $\rho = \alpha$		
Excepciones esperadas	19		Ha: $\rho \neq \alpha$		
	Método	No Excepciones	Valor P	Suma Ct	Conclusión Test Kupiec
Incremento precio Ecopetrol	VaR - EWMA	13	0.90939	13.00003	No rechaza la Ho
	VaR - GARCH	9	0.22285	9.00001	No rechaza la Ho
Disminución precio Ecopetrol	VaR - EWMA	14	0.70055	14.00037	No rechaza la Ho
	VaR - GARCH	10	0.40226	10.00041	No rechaza la Ho
Incremento precio CDT Colpatría	VaR - EWMA	13	0.90939	13.00003	No rechaza la Ho
	VaR - GARCH	9	0.22285	9.00001	No rechaza la Ho
Disminución precio CDT Colpatría	VaR - EWMA	14	0.70055	14.00044	No rechaza la Ho
	VaR - GARCH	10	0.40226	10.00048	No rechaza la Ho

Fuente: elaboración propia.

Sin embargo, para tomar decisiones de forma anticipada, para mantener o vender uno o más activos del portafolio ante cambios en el mercado, se requiere la automatización de este cálculo y proceso suponiendo la variación de los activos del portafolio, dado que para este trabajo solo se varió uno al tiempo asumiendo que los demás se mantienen constantes.

Para este ejercicio se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 3.

Resultados modelo GARCH

Modelo Garch (2,1) Distribución t-Student					
	Modelo inicial	Incremento precio Ecopetrol	Disminución precio Ecopetrol	Incremento precio CDT Colpatría	Disminución precio CDT Colpatría
Variación rentabilidad*	-	16.337 %	-14.499 %	15.410 %	-15.426 %
VaR (Tstudent) %	- 0.00905162	- 0.03019455	- 0.02914648	- 0.04102498	- 0.03151080
Suma Ct	10.00002111	9.00001457	10.00041009	9.00001490	10.00048250
VaR (pesos)/ 100 Millones	9,051.62	30,194.55	29,146.48	41,024.98	31,510.80

*Variación porcentual respecto al modelo inicial

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con la tabla 3, podemos concluir que, asumiendo una distribución t-Student, con un nivel de confianza del 95 % y en condiciones “normales” del mercado, la máxima pérdida que se podría tener para el día siguiente sería el 0.00905162 % del valor del portafolio expuesto; es decir, que por cada 100 millones de pesos invertidos se podría tener una pérdida máxima de 9,052.

De igual forma, al suponer el cambio del precio de uno de los activos seleccionados, incremento o disminución del 10 %, el VaR del portafolio se aumenta en más de 200 % respecto al valor inicial, por ejemplo, pasa de 9,052 a 30,154 cuando se incrementa el precio de Ecopetrol, y de 9,052 a 29,146 cuando se disminuye; de igual forma, para el activo CDT Colpatría pasa de 9,052 a 41,025 cuando se incrementa, y de 9,052 a 31,511 cuando se disminuye.

5. Conclusiones y recomendaciones

El portafolio se encuentra compuesto por 30 % en inversión en libranzas y 70 % en activos financieros de renta fija y variable.

Para determinar los activos de renta fija y variable se realizó un análisis de los títulos disponibles en el mercado, preseleccionando 32 que cumplieran con el criterio de calificación establecido en el reglamento del fondo, así como los de mayor transaccionalidad a fin de garantizar liquidez; a estos se les realizó un análisis de rentabilidad y volatilidad y, conforme a estos nuevos criterios, se definió un portafolio de 19 títulos.

En el mejor portafolio definido por la optimización el 60 % de la inversión se concentra en dos activos financieros, uno del sector real y el otro del sector financiero, uno de renta variable y el otro de renta fija.

El 79,4 % se concentra en tan solo cuatro títulos, dos de renta fija y dos de renta variable.

Al simular variación en los precios del último día, para los dos activos de mayor participación (de forma independiente y manteniendo los precios iniciales del resto de activos), se encontró que el mejor modelo para el cálculo del VaR es igual al modelo inicial.

6. Referencias

Banco de la República de Colombia (2018). *Informe de la Junta Directiva al Congreso de la República (Informe marzo 2018)*. Bogotá: Banco de la República.

Bodie, Z., Kane, A. & Marcus, A. J. (2014). Deviations from Normality and Risk Measures. En *Investments* (págs. 137-141). Nueva York: McGraw-Hill. Recuperado de <https://www.amazon.com/Investments-10th-Zvi-Bodie/dp/0077861671>

Circular Básica Contable y Financiera (Circular Externa 100 de 1995) (2007). Recuperado de <https://www.superfinanciera.gov.co/jsp/loader.jsf?lServicio=Publicaciones&lTipo=publicaciones&lFuncion=loadContenidoPublicacion&id=15466>

Circular Básica Jurídica (C.E. 029/14) (2014). Recuperado de <https://www.superfinanciera.gov.co/jsp/loader.jsf?lServicio=Publicaciones&lTipo=publicaciones&lFuncion=loadContenidoPublicacion&id=10083444>

Circulares externas (2010). Circular 042 del 11 de noviembre. Recuperado de <https://www.superfinanciera.gov.co/publicacion/20148>

Circulares externas (2016). Circular 025 del 28 de julio. Recuperado de <https://www.superfinanciera.gov.co/inicio/circulares-externas--10085860>

Fondos Carteras Colectivas (2008). Recuperado de <http://www.dinero.com/caratula/edicion-impresa/articulo/fondos-carteras-colectivas/56546>

Fondos de Inversión Colectiva (2017). Recuperado de <https://www.asofiduciarias.org.co/index.php/educacion-financiera/fondos-de-inversion-colectiva>

- Gamba, S., Jaulín, O., Melo, L. F., y Quicazán, C. A. (2015). Comparación de métodos para la estimación de la incertidumbre del valor en riesgo. Recuperado de http://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/archivos/ref_tema_83.pdf
- Granados, J. C., y Melo, L. F. (2010). Regulación y Valor en Riesgo. *Borradores de Economía*, (615). Recuperado de <http://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/pdfs/borra615.pdf>
- Guerrero, G. (2008). *Evaluación del desempeño de modelos VaR usando la teoría de valores extremos en mercados emergentes y desarrollados*. Bogotá: Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Nacional de Colombia.
- Hull, J. (2012). Value at Risk. En *Options, Futures and Other Derivates* (págs. 471-497). Boston: Pearson Education. Recuperado de <http://polymer.bu.edu/hes/rp-hull12.pdf>
- Koller, T., Godhart, M. & Wessels, D. (2014). *Valuation Measuring and Managing the value of Companies* (págs. 35-39). Nueva Jersey: John Wiley & Sons. Recuperado de http://elibrary.bsu.az/books_200/N_1.pdf
- Melo, L., y Becerra, O. (2005). Medidas de riesgo, características y técnicas de medición: una aplicación del VaR y el ES a la tasa interbancaria de Colombia. Recuperado de <http://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/pdfs/borra343.pdf>
- Melo, L., y Granados, J. (2011). Regulación y valor en riesgo. *Ensayos sobre Política Económica*, 29(64), 110-117. Recuperado de http://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/archivos/espe_64_4.pdf

Mercado de Renta Variable (s. f.). Recuperado de

<http://www.bvc.com.co/pps/tibco/portalbvc/Home/Mercados/enlinea/acciones?accion=dummy>

Project Management Institute (2013). Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. Guía del PMBOK. Pensilvania: Project Management Institute.

Ramírez, E., y Ramírez, P. A. (s. f.). Valor en riesgo: modelos econométricos contra metodologías tradicionales. *Revista Análisis Económico*, 22(51), 179-198.

Reglamento del Fondo de Inversión Colectiva abierto Avanzar Vista (2017). Recuperado de www.fiducoomeva.com/descargar.php?id=15655

Renta fija (s. f.). Recuperado de

<https://www.infovalmer.com.co/portal/faces/secure/home.xhtml>

Superintendencia Financiera de Colombia (2018). Recuperado de

<https://www.superfinanciera.gov.co/jsp/loader.jsf?lServicio=Publicaciones&lTipo=publicaciones&lFuncion=loadContenidoPublicacion&id=15466>

Vilariño, A., Pérez, J., y García, F. (2008). *Derivados. Valor razonable y contabilidad. Teoría y casos prácticos*. Madrid: Pearson Educación.

7. Anexos

Anexo 1. Títulos seleccionados – estandarizados

Títulos seleccionados que cumplen el criterio de calificación y transabilidad – estandarizados

Nemotécnico	Entidad	Sector	Califi.	Clase	Plazo al vcto (días)	Rentabilidad diaria	Volatilidad diaria	VaR	Rentabilidad anual	Volatilidad anual
BBCX09129B12	BCO. BANCOLEX	Financiero	AAA	BONOS	1667	0.00857 %	0.23461 %	-0.31078 %	2.18209 %	3.72430 %
BBCX09129B24	BCO. BANCOLEX	Financiero	AAA	BONOS	587	0.00240 %	0.18034 %	-0.24128 %	0.60664 %	2.86279 %
BLGC03119D8	BCO. BANCOLOMBIA	Financiero	AAA	BONOS	989	0.00381 %	0.25808 %	-0.26159 %	0.96476 %	4.09684 %
BBCB03119D15	BCO. BANCOLOMBIA	Financiero	AAA	BONOS	3163	0.01130 %	0.20875 %	-0.18771 %	2.88811 %	3.31375 %
BBCB02109D7	BCO. BANCOLOMBIA	Financiero	AAA	BONOS	188	-0.00377 %	0.09189 %	-0.12335 %	-0.94529 %	1.45877 %
BLGC210SA10	BCO. BANCOLOMBIA	Financiero	AAA	BONOS	930	0.02120 %	0.20973 %	-0.20745 %	5.48749 %	3.32941 %
BBCB02109D10	BCO. BANCOLOMBIA	Financiero	AAA	BONOS	1268	0.00747 %	0.26714 %	-0.40312 %	1.89905 %	4.24071 %
BLGC01119D10	BCO. BANCOLOMBIA	Financiero	AAA	BONOS	1206	0.00747 %	0.19438 %	-0.34523 %	1.89905 %	3.08575 %
BCLP05149FS	BCO. COLP. RED MUL	Financiero	AA+	BONOS	2482	0.01385 %	0.24819 %	-0.18469 %	3.55285 %	3.93982 %
BDVII139C12	BCO. DAVIVIENDA S.A.	Financiero	AAA	BONOS	1824	0.01025 %	0.19942 %	-0.20936 %	2.61780 %	3.16569 %
BCCB03149C10	CEMENTOS ARGOS S.A.	Real	AA+	BONOS	2468	0.01357 %	0.20909 %	-0.14285 %	3.47963 %	3.31920 %
BCCB01129C10	CEMENTOS ARGOS S.A.	Real	AA+	BONOS	1557	0.00715 %	0.09989 %	-0.08678 %	1.81773 %	1.58563 %
TFIT16180930	GOBIERNO REPÚBLICA DE COLOMBIA	Nación	Nación	TES	4559	0.01666 %	0.48316 %	-0.74616 %	4.28786 %	7.66996 %
TFIT10040522	GOBIERNO REPÚBLICA DE COLOMBIA	Nación	Nación	TES	1545	0.01319 %	0.24913 %	-0.39276 %	3.37981 %	3.95480 %
TFIT16280428	GOBIERNO REPÚBLICA DE COLOMBIA	Nación	Nación	TES	3699	0.02151 %	0.44511 %	-0.78295 %	5.56917 %	7.06598 %
TFIT15260826	GOBIERNO REPÚBLICA DE COLOMBIA	Nación	Nación	TES	3097	0.01847 %	0.40729 %	-0.65437 %	4.76477 %	6.46547 %
TFIP15260826	GOBIERNO REPÚBLICA DE COLOMBIA	Nación	Nación	TES	3097	0.05318 %	0.56081 %	-0.89478 %	14.34039 %	8.90263 %
TUVT10100321	GOBIERNO REPÚBLICA DE COLOMBIA	Nación	Nación	TES UVR	1131	0.00546 %	0.16039 %	-0.23763 %	1.38459 %	2.54605 %
TFIT16240724	GOBIERNO REPÚBLICA DE COLOMBIA	Nación	Nación	TES	2345	0.00938 %	0.29371 %	-0.51302 %	2.39302 %	4.66254 %
TUVT17230223	GOBIERNO REPÚBLICA DE COLOMBIA	Nación	Nación	TES UVR	1834	0.00470 %	0.28317 %	-0.44262 %	1.19166 %	4.49519 %
TFIT15240720	GOBIERNO REPÚBLICA DE COLOMBIA	Nación	Nación	TES	905	-0.00325 %	0.15016 %	-0.24869 %	-0.81631 %	2.38372 %
TFIP15240720	GOBIERNO REPÚBLICA DE COLOMBIA	Nación	Nación	TES	905	0.03667 %	0.17720 %	-0.26153 %	9.68085 %	2.81293 %
NUTRESA	NUTRESA	Real	AAA	ACCIONES	361	0.02474 %	0.58214 %	-0.95367 %	6.43251 %	9.24119 %
GRUPOARGOS	GRUPOARGOS	Real	AA+	ACCIONES	361	0.03448 %	0.82341 %	-1.48826 %	9.07814 %	13.07126 %
ÉXITO	ÉXITO	Real	AAA	ACCIONES	361	0.05824 %	0.76164 %	-1.16249 %	15.80885 %	12.09072 %
ECOPETROL	ECOPETROL	Real	AAA	ACCIONES	361	0.15928 %	1.43560 %	-1.99951 %	49.38850 %	22.78941 %
PFDVAVNDA	BCO. DAVIVIENDA S.A.	Financiero	AAA	ACCIONES	361	0.03954 %	0.85049 %	-1.28451 %	10.47868 %	13.50106 %

Nemotécnico	Entidad	Sector	Califi.	Clase	Plazo al vcto (días)	Rentabilidad diaria	Volatilidad diaria	VaR	Rentabilidad anual	Volatilidad anual
CEMARGOS	CEMARGOS	Real	AA+	ACCIONES	361	-0.00212 %	0.88154 %	-1.41371 %	-0.53328 %	13.99402 %
CELSIA	CELSIA	Real	AA+	ACCIONES	361	0.06480 %	0.69432 %	-1.10191 %	17.73740 %	11.02199 %
PFBCOLOM	BCO. BANCOLOMBIA	Financiero	AAA	ACCIONES	361	0.05725 %	1.09768 %	-1.61176 %	15.51999 %	17.42514 %
BOGOTÁ	BCO. BOGOTÁ	Financiero	AAA	ACCIONES	361	0.04597 %	1.06235 %	-1.36468 %	12.28190 %	16.86436 %

Anexo 2. Títulos preseleccionados de Activos de renta fija - no estandarizados

Nemotécnico	Entidad	Sector	Califi.	Clase	Plazo al vcto (días)	Rentabilidad diaria	Volatilidad diaria	VaR	Rentabilidad anual	Volatilidad anual	TIR E.A.
CDTBCBS0V	BCO. BANCOLOMBIA	Financiero	AAA	CDT	1790	0.05914 %	0.55743 %	-0.71070 %	16.07132 %	8.84894 %	12.38474 %
CDTBGAS0V	BCO. BBVA	Financiero	AAA	CDT	1777	0.03950 %	0.42914 %	-0.55878 %	10.46523 %	6.81246 %	10.01289 %
CDTBCBS0V	BCO. BANCOLOMBIA	Financiero	AAA	CDT	95	0.01301 %	0.08083 %	-0.08497 %	3.33310 %	1.28307 %	9.67963 %
CDTBGAS0V	BCO. BBVA	Financiero	AAA	CDT	75	0.00172 %	0.07078 %	-0.09172 %	0.43453 %	1.12359 %	8.74483 %
CDTBGAS0V	BCO. BBVA	Financiero	AAA	CDT	460	0.01421 %	0.14382 %	-0.18233 %	3.64616 %	2.28306 %	7.84538 %
CDTBCBS0V	BCO. BANCOLOMBIA	Financiero	AAA	CDT	107	0.00223 %	0.07143 %	-0.10001 %	0.56300 %	1.13396 %	7.75681 %
CDTBSAS0V	BCO. CORPBANCA	Financiero	AAA	CDT	312	0.01174 %	0.13225 %	-0.18517 %	3.00147 %	2.09943 %	7.60161 %
CDTBSAS0V	BCO. CORPBANCA	Financiero	AAA	CDT	399	0.00741 %	0.15531 %	-0.21277 %	1.88518 %	2.46539 %	7.55523 %
CDTBSAS0V	BCO. CORPBANCA	Financiero	AAA	CDT	492	0.00995 %	0.19398 %	-0.26267 %	2.53989 %	3.07939 %	7.55255 %
CDTDVIS0V	BCO. DAVIVIENDA S.A.	Financiero	AAA	CDT	516	0.01998 %	0.15734 %	-0.20977 %	5.16370 %	2.49770 %	7.52842 %
CDTDVIS0V	BCO. DAVIVIENDA S.A.	Financiero	AAA	CDT	456	0.01859 %	0.14205 %	-0.17311 %	4.79489 %	2.25491 %	7.48853 %
CDTDVIS0V	BCO. DAVIVIENDA S.A.	Financiero	AAA	CDT	426	0.01785 %	0.13748 %	-0.16622 %	4.59968 %	2.18247 %	7.47273 %
CDTCLPS0V	BCO. COLPATRIA	Financiero	AAA	CDT	847	0.02311 %	0.16602 %	-0.17511 %	5.99648 %	2.63550 %	5.43634 %

Anexo 3. Detalle títulos seleccionados para el portafolio

Nemotécnico	Entidad	Sector	Calificación	Clase	Plazo al vcto (días)
BLGC210SA10	BCO. BANCOLOMBIA	Financiero	AAA	BONOS	930
BCLP05149FS	BCO. COLP. RED MUL	Financiero	AA+	BONOS	2482
BCCB03149C10	CEMENTOS ARGOS S.A.	Real	AA+	BONOS	2468
TFIP15260826	GOBIERNO REPÚBLICA DE COLOMBIA	Nación	Nación	TÍTULOS TES	3097
TFIP15240720	GOBIERNO REPÚBLICA DE COLOMBIA	Nación	Nación	TÍTULOS TES	905
NUTRESA	NUTRESA	Real	AAA	ACIONES	361
GRUPOARGOS	GRUPOARGOS	Real	AA+	ACIONES	361
ÉXITO	ÉXITO	Real	AAA	ACIONES	361
ECOPETROL	ECOPETROL	Real	AAA	ACIONES	361
PFDVVNDA	BCO. DAVIVIENDA S.A.	Financiero	AAA	ACIONES	361
CEMARGOS	CEMARGOS	Real	AA+	ACIONES	361
CELSIA	CELSIA	Real	AA+	ACIONES	361
PFBCOLOM	BCO. BANCOLOMBIA	Financiero	AAA	ACIONES	361
BOGOTA	BCO. BOGOTÁ	Financiero	AAA	ACIONES	361
CDTBCBS0V	BCO. BANCOLOMBIA	Financiero	AAA	CDT	1790
CDTBGAS0V	BCO. BBVA	Financiero	AAA	CDT	1777
CDTBSAS0V	BCO. CORPBANCA	Financiero	AAA	CDT	312
CDTDVIS0V	BCO. DAVIVIENDA S.A.	Financiero	AAA	CDT	516
CDTCLPS0V	BCO. COLPATRIA	Financiero	AAA	CDT	847

Anexo 4. Frontera Eficiente

Volatilidad anual	1.577582%	8.856360%	2.522434%	3.979435%	5.914393%	7.302447%	8.103584%	8.856360%	
Volatilidad diaria	0.099378%	0.557898%	0.001588984	0.002506809	0.003725717	0.004600109	0.005104778	0.005578982	
Rentabilidad anual	5.452176%	24.301386%	8.593711%	11.735246%	14.876781%	18.018316%	21.159851%	24.301386%	
Nemotécnico	Portafolio MIN Riesgo	Portafolio MAX Rentab	1	2	3	4	5	6	Entidad
BLGC210SA10	8.9617 %	1.0000 %	9.9816 %	1.0000 %	1.0000 %	1.1500 %	1.3343 %	1.0000 %	BCO. BANCOLOMBIA
BCLP05149FS	2.6435 %	1.0000 %	1.0501 %	1.0115 %	1.0000 %	1.0336 %	1.0566 %	1.0000 %	BCO. COLP. RED MUL
BCCB03149C10	15.0657 %	1.0000 %	1.0000 %	1.0000 %	1.0000 %	1.0291 %	1.0472 %	1.0000 %	CEMENTOS ARGOS S.A.
TFIP15260826	1.0000 %	1.0000 %	2.1990 %	2.3326 %	1.0000 %	1.6567 %	3.4478 %	1.0000 %	GOBIERNO REPÚBLICA DE COLOMBIA
TFIP15240720	1.0000 %	1.0000 %	1.2337 %	1.2358 %	1.0000 %	1.3951 %	2.1496 %	1.0000 %	GOBIERNO REPÚBLICA DE COLOMBIA
NUTRESA	1.0000 %	1.0000 %	1.0000 %	1.0000 %	1.0000 %	1.2061 %	1.4914 %	1.0000 %	NUTRESA
GRUPOARGOS	1.0000 %	1.0000 %	1.0000 %	1.0000 %	1.0000 %	1.3605 %	2.0130 %	1.0000 %	GRUPOARGOS
ÉXITO	1.0000 %	1.0000 %	2.3830 %	2.5855 %	1.0000 %	1.7370 %	3.9510 %	1.0000 %	ÉXITO
ECOPETROL	1.0000 %	30.0000 %	6.0532 %	13.9413 %	24.3911 %	30.0000 %	30.0000 %	30.0000 %	ECOPETROL
PFDVVNDA	1.0000 %	1.0000 %	1.5152 %	1.5288 %	1.0000 %	1.4407 %	2.3410 %	1.0000 %	BCO. DAVIVIENDA S.A.
CEMARGOS	1.0000 %	1.0000 %	1.0000 %	1.0000 %	1.0000 %	1.0000 %	1.0000 %	1.0000 %	CEMARGOS
CELSIA	1.0000 %	30.0000 %	2.6211 %	2.9378 %	1.0000 %	1.8408 %	13.6320 %	30.0000 %	CELSIA
PFBCOLOM	1.0000 %	1.0000 %	2.3470 %	2.5348 %	1.0000 %	1.7213 %	3.8483 %	1.0000 %	BCO. BANCOLOMBIA
BOGOTÁ	1.0000 %	1.0000 %	1.6866 %	1.7326 %	1.0000 %	1.5425 %	2.8199 %	1.0000 %	BCO. BOGOTÁ
CDTBCBS0V	1.0000 %	24.0000 %	2.4156 %	2.6321 %	1.0000 %	1.7512 %	4.0458 %	24.0000 %	BCO. BANCOLOMBIA
CDTBGAS0V	1.0000 %	1.0000 %	1.5139 %	1.5273 %	1.0000 %	1.4399 %	2.3377 %	1.0000 %	BCO. BBVA
CDTBSAS0V	30.0000 %	1.0000 %	30.0000 %	30.0000 %	29.7966 %	17.5650 %	1.0000 %	1.0000 %	BCO. CORPBANCA
CDTDVIS0V	15.3559 %	1.0000 %	1.0000 %	1.0000 %	1.0000 %	1.1306 %	1.2838 %	1.0000 %	BCO. DAVIVIENDA S.A.
CDTCLPS0V	14.9731 %	1.0000 %	30.0000 %	30.0000 %	29.8123 %	30.0000 %	21.2005 %	1.0000 %	BCO. COLPATRIA
Índice de Sharpe			0.28925398	0.33597651	0.39509383	0.40324406	0.38123685	0.36292957	

Anexo 5. Modelo EWMA

Lambda	0.9419
RMSE	0.000005659
Rentabilidad del portafolio	0.001871
Volatilidad del portafolio	0.004600109
Razón de Sharpe	0.406717279534548
Aproximación VAR %	
Distribución normal	-0.005695562748911
Distribución t-Student	-0.005734505574351
Simulación histórica	-0.006572625908918
Grados de libertad	376

Anexo 6. Modelos ARMA

Selección de mejor modelo:

Criterio a validar	AR(1)	MA(1)	ARMA(1)	Decisión
Log likelihood	1499.58	1500.137	1500.266	Mayor
Akaike info criterion	-7.939416	-7.942369	-7.93775	Menor
Schwarz criterion	-7.908125	-7.911078	-7.896028	Menor
Sum squared resid	0.007742	0.007719	0.007714	Menor
Hannan-Quinn criter	-7.926996	-7.929949	-7.921189	Menor

Anexo 7. Modelos ARCH

Selección del mejor modelo:

Criterio a validar	NORMAL (2-1)	T ESTUDENT (2-1)	GED (2-1)	Decisión
Log likelihood	1534.905975	1536.950246	1536.62589	Mayor
Akaike info criterion	-8.11090703	-8.116446927	-8.114726207	Menor
Schwarz criterion	-8.048324878	-8.043434417	-8.041713696	Menor
Sum squared resid	0.007756282	0.007757649	0.00776028	Menor
Hannan-Quinn criter	-8.086066624	-8.087466454	-8.085745733	Menor

Anexo 8. Pruebas Bactesting

Pruebas Backtesting					
Confianza	95 %		Ho: $\rho = \alpha$		
Excepciones esperadas	19		Ha: $\rho \neq \alpha$		
Distribución normal	Método	No Excepciones	Valor P	Suma Ct	Conclusión Test Kupiec
	VaR - EWMA	13	0.909394428	13.00002784	No rechaza la Ho
Distribución t-Student	VaR - GARCH	10	0.402263342	10.00002247	No rechaza la Ho
	VaR - EWMA	13	0.909394428	13.00002609	No rechaza la Ho
Simulación histórica	VaR - GARCH	10	0.402263342	10.00002111	No rechaza la Ho
	VaR - EWMA	6	0.006840144	6.000076897	Se rechaza la Ho
Simulación histórica	VaR - GARCH	108	5.29296E-27	108.0013672	Se rechaza la Ho